

Modelování světelného toku vyzářeného do horního poloprostoru

Modeling of Luminous Flux Radiation to the Upper Hemisphere

Leona Zemanová

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D.

Ostrava, Rok 2021

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Leona Zemanová**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Modelování vyzařování světelného toku do horního poloprostoru**
Modeling of Luminous Flux Radiation to the Upper Hemisphere
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- Normativní požadavky na omezení vyzařování světelného toku do horního poloprostoru
- Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možnosti jejich vyzařování do horního poloprostoru
- Odrazné a propustné vlastnosti materiálů mající vliv na světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru
- Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů
- Výpočet světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru beroucí v potaz více typů osvětlovacích soustav

Seznam doporučené odborné literatury:

Literatura:

- [1] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [2] Habel, J.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013
- [3] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- [4] Manuály k výpočetním programům (Relux, Dialux, WILS)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2021

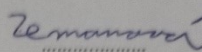
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Ostravě dne: 30. dubna 2021


.....
podpis studenta

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské/diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TUO.“

Dne: 30. dubna 2021

podpis zástupce

pozn. Toto prohlášení může obsahovat dohodnuté omezení přístupu k textu bakalářské/diplomové práce, vyplývající například z ochrany know-how spolupracující firmy.

Tento list se týká pouze studentů, kteří na své ZP spolupracují s firmou (především praxe a ZP zadané z firmy).

Text v poznámce do prohlášení nepatří.

Abstrakt

Cílem diplomové práce, je výpočet světelného toku vyzářeného do horního poloprostoru ze soustavy veřejného osvětlení. Tento výpočet je realizován prostřednictvím kulové sítě výpočetních bodů v programu Building Desing. Pro výpočet jsem vytvořila 3D model městské části Ostrava-Poruba, který jsem osázela svítidly veřejného osvětlení. Výsledkem výpočtu je podíl přímého a nepřímého světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru.

Klíčová slova

Veřejné osvětlení, Rušivé světlo, Building Desing, Wils, horní poloprostor, světelné znečištění, závojevý jas oblohy, světelný tok, zdroje rušivého světla, LED, Vysokotlaké výbojky.

Abstract

The aim of the diploma thesis is to calculate the luminous flux radiated into the upper half-space from the public lighting system. This calculation is performed via a spherical network of calculation points in the Building Design software. For the calculation, I created a 3D model of the Ostrava-Poruba district, which I fitted with public lighting fixtures. The result of the calculation is the proportion of direct and indirect luminous flux radiated into the upper half-space.

Key words

Street lighting, Interfering light, Building Design, Wils, upper half-space, light pollution, veiled brightness of the sky, luminous flux, sources of interfering light, LED, high-pressure sodium lamps.

Obsah

Úvod	- 11 -
1 Normativní požadavky na onezení vyzařování světelného toku do horního poloprostoru-	12 -
1.1 Rušivé světlo.....	Chyba! Záložka není definována.
1.2 Závojevý jas	Chyba! Záložka není definována.
1.3 Oslnivé světlo	Chyba! Záložka není definována.
1.4 Světelný přesah	Chyba! Záložka není definována.
1.5 Podíl horního světla ULR	Chyba! Záložka není definována.
2 Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možností jejich vyzařování do horního poloprostoru.....	Chyba! Záložka není definována.
2.1 Veřejné osvětlení.....	Chyba! Záložka není definována.
2.1.1 Používané typy osvětlovacích soustav podle rozložení svítidel na komunikac jsou	Chyba! Záložka není definována.
2.2 Osvětlení sportovišť.....	Chyba! Záložka není definována.
2.3 Architektonické osvětlení.....	Chyba! Záložka není definována.
2.4 Osvětlení reklam.....	Chyba! Záložka není definována.
2.4.1 Základní požadavky na osvětlování reklam	Chyba! Záložka není definována.
2.5 Rušivé světlo pocházející z oken domů	Chyba! Záložka není definována.
3 Používané typy světelných zdrojů	- 12 -
3.1 LED svítidla vs. Vysokotlaké výbojky	Chyba! Záložka není definována.
3.1.1 LED svítidla výhody	Chyba! Záložka není definována.
3.1.2 LED svítidla nevýhody	Chyba! Záložka není definována.
3.1.3 Výhody vysokotlakých sodíkových výbojek	Chyba! Záložka není definována.
3.1.4 Nevýhody vysokotlakých sodíkových výbojek	Chyba! Záložka není definována.
4 Odrážné a propustné vlastnosti materiálů mající vliv na světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru.....	- 12 -
4.1 Rovnoměrně rozptylný, difúzní odraz	Chyba! Záložka není definována.
4.2 Zrcadlový odraz	Chyba! Záložka není definována.
4.3 Smíšený odraz.....	Chyba! Záložka není definována.
4.4 Směrově difúzní odraz.....	Chyba! Záložka není definována.
5 Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů	- 12 -
5.1 Tvorba modelu městské části Ostrava-Poruba v BD	Chyba! Záložka není definována.

5.2	Síť výpočetních bodů pro přímou a odraženou složku	Chyba!	Záložka	není
definována.				
5.3	Použitá svítidla.....	Chyba!	Záložka	není definována.
5.4	Výsledky výpočtu.....	Chyba!	Záložka	není definována.
Závěr.....				- 50 -
Použitá literatura.....				- 51 -
Seznam příloh.....				Chyba! Záložka není definována.

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
BD	Building Desing
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlování
ČSN	Česká státní norma
DLOR	světelný tok odražený od povrchů okolních oblastí
E	Enviromentální zóna
LED	polovodičový světelný zdroj
SW	software
VO	Veřejné osvětlení

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
Φ	lm	celkový světelný tok
$\Phi\rho$	lm	odražený světelný tok
$\Phi\alpha$	lm	pohlčený světelný tok
$\Phi\tau$	lm	propuštěný světelný tok
ρ	-	činitel odrazu
L	cd.m-2	
E	lx	intenzita osvětlování na posuzované ploše

Úvod

Téma se týká problematiky rušivého světla. Rušivé světlo je v podstatě přemíra světla, konkrétně tento pojem specifikuje negativní dopad neužitečného světla. Důsledkem rušivého světla dochází nejen k přisvětlení noční oblohy, ale také ke zvýšení spotřeby elektrické energie. Rušivé světlo může způsobovat oslnění, pronikat skrz okna do domácností, což má negativní vliv na cirkadiální rytmy, ovlivňuje hormonální systém a může docházet k poruchám spánku. Ještě větší problémy pak noční osvětlení působí u zvířat, především nočním živočichům stěžuje hledání potravy. Dále se můžeme setkat s pojmem světelné znečištění, což je širší pojem označující negativní důsledky umělého osvětlení. Mezi zdroje rušivého světla patří osvětlení sportovišť, osvětlení reklam, osvětlení nákupních center a jejich parkovišť, továren, popřípadě architektonické osvětlení. Významným zdrojem rušivého světla, je právě i veřejné osvětlení. Nicméně, veřejné osvětlení plní velmi důležitou a zcela nezbytnou funkci, takže musíme najít rovnováhu mezi jeho přínosy a negativními vlivy. Toho můžeme dosáhnout optimalizací soustav veřejného osvětlení, které jsou nevhodně řešené nebo morálně zastaralé. V poslední době se nabízí i řešení tzv. chytrého veřejného osvětlení, které má tendence odbourávat nešvary současných osvětlovacích soustav, mezi které patří například že svítidla svítí nepřetržitě a mnohdy zbytečně, ovládají se všechny dohromady, mají vysokou spotřebu, o závadách se ví jen když je někdo nahlásí. Pomocí systému chytrého veřejného osvětlení, je možná plynulá regulace intenzity osvětlení na základě pohybu osob a vozidel, zvýšení jasu na maximum v krizových situacích (pro zajištění vyšší bezpečnosti), svítidlo samo odešle zprávu o poruše, takže servis je velmi efektivní. Všechny tyto zmíněné možnosti, jsou cestou k možnému snížení úrovně rušivého světla a úspory spotřebované elektrické energie.

Teoretická část diplomové práce začíná popisem normativních požadavků na omezení vyzařování světelného toku do horního poloprostoru a objasněním problematiky rušivého světla. Dále jsou znázorněny jednotlivé typy osvětlovacích soustav a popsány zdroje světelného znečištění: VO, osvětlení sportovišť, osvětlení reklam, architektonické osvětlení, světlo pocházející z oken domů. Následně jsou představeny typy světelných zdrojů, jenž jsou nejčastěji používány pro osvětlování veřejných prostranství. Další kapitola se týká odrazných a propustných vlastností materiálů, které mají vliv na světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru.

Úvod k praktické části práce začíná představením SW Building Desing, jeho možností ve vztahu k vytváření 3D modelů, osázených svítidly VO a výpočtu světelného toku.

1 Normativní požadavky na omezení vyzařování světelného toku do horního poloprostoru

Normativní požadavky na omezení vyzařování světelného toku do horního poloprostoru jsou definovány dle doporučení mezinárodní komise pro osvětlování CIE 126:1997 a CIE 150:2017, které obsahují pokyny k posouzení nepříznivých dopadů rušivého světla na životní prostředí a předkládají doporučené limitní hodnoty světelně technických parametrů. České normy zabývající se touto problematikou, jsou norma ČSN EN 13201-2 osvětlení pozemních komunikací, ČSN EN 12193 osvětlování sportovišť a ČSN EN 12464-2 osvětlování pracovních prostorů. Zde jsou uvedeny mezní hodnoty rušivého světla. Vše závisí na zatřídění dané lokality, do konkrétní enviromentální zóny (máme zóny E1 až E4), zatřídění provádíme dle velikosti rušivého světla v závislosti na velikosti aglomerace a atmosférických podmínkách. Tyto zóny jsou odstupňovány dle procenta úniku světelného toku do horního poloprostoru, přičemž $E1=0$, $E2\leq 5$, $E3\leq 15$, $E4\leq 25$. Limity rušivého světla dělíme na limity ve venkovních osvětlovacích soustavách sloužící k minimalizaci problémů pro lidi, zvířata a rostliny. A pak na limity rušivého světla pro uživatele cest. Zvláště ve větších oblastech, se mohou ve své blízkosti vyskytovat různé enviromentální zóny. Správně by se enviromentální zóny měly přecházet jen o jeden stupeň, aby hranice mezi zónami byly postupné. [1]

Specifikace jednotlivých enviromentálních zón:

E1 do této enviromentální zóny spadají tmavé prostory jako národní parky a chráněná území

E2 zde patří oblasti s velmi malým jasnem jako průmyslové a obytné venkovské zóny

E3 jsou pak střední světlené oblasti, např. průmyslová a obytná předměstí

E4 velmi světlé oblasti, např. centra měst a obchodní zóny [1]

Tabulka 1.1: limitní hodnoty světelnotechnických veličin ve venkovním osvětlení [1]

Zóna životního prostředí	Světlo na objektech		Svítivost svítidla		Podíl horního toku	Jas	
	E_v lx		I cd		ULR %	L_b cd·m ⁻²	L_s cd·m ⁻²
	mimo dobu nočního klidu ^{a)}	v době nočního klidu	mimo dobu nočního klidu	v době nočního klidu		fasády	znaky ^{NP2)}
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

^{a)} V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, nesmí být větší hodnoty překročeny a mají se upřednostnit menší hodnoty.

Tabulka 1.2: Největší hodnoty prahového přírůstku od jiných svítidel než svítidel ve veřejném osvětlení [1]

Světelnotechnické parametry	Třída osvětlení pozemní komunikace ^{a)}			
	osvětlení jiné než uliční	ME5	ME4 / ME3	ME2 / ME1
Prahový přírůstek (TI) ^{b) c) d)}	15% za předpokladu, že adaptační jas je $0,1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$	15% za předpokladu, že adaptační jas je $1 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$	15% za předpokladu, že adaptační jas je $2 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$	15% za předpokladu, že adaptační jas je $5 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$
^{a)} Třídy osvětlení podle EN 13201-2 ^{b)} výpočet TI podle EN 13201-3. ^{c)} Tyto limity se použijí v případě, že uživatelé dopravního systému jsou vystaveni omezení viditelnosti základních informací. Hodnoty platí pro relevantní polohu a pro směr pohledu na trasu dopravy. ^{d)} V tabulce 5.2 CIE 150:2003 jsou uvedeny příslušné hodnoty závoje jasů Lv.				

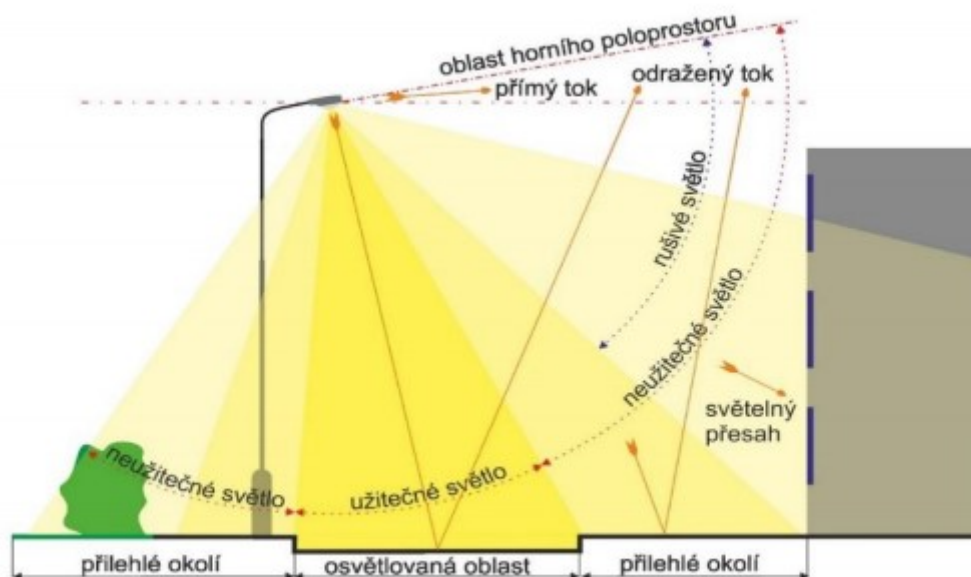
Tabulka 1.3: Největší povolený podíl světelného toku svítidel vyzařovaného do horního poloprostoru [1]

Zóna	Podíl světelného toku svítidel do horního poloprostoru (%)
E1	0
E2	≤ 5
E3	≤ 15
E4	≤ 25

Tabulka 1.4: Minimální délky mezi zónami vztažené k referenčnímu bodu v zóně E1 [1]

Hranice zón	Minimální délka hranice (km)
E1-E2	1
E2-E3	10
E3-E4	100

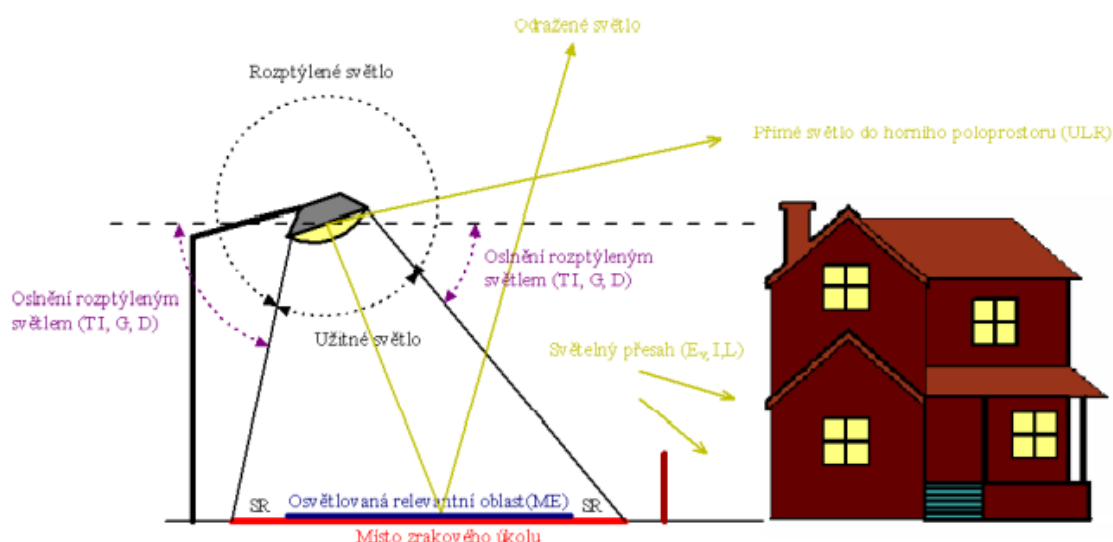
Abychom zamezili úniku světelného toku do horního poloprostoru, používáme vodorovně orientovaná svítidla s plochým sklem. Dále ovšem musíme splnit rovnoměrnost osvětlení dle normy ČSN EN 13201. Velmi důležitá je vyzařovací charakteristika použitých svítidel, svítidla musí mít širokou křivku svítivosti ve směru podél komunikace, pak záleží na navržené výšce stožáru a rozteči mezi svítidly. [8].



Obrázek 1.1: Přímá a odražená složka světelného toku [1]

1.1 Rušivé světlo

Rušivé světlo je celkový souhrn nepříznivých vlivů umělého venkovního osvětlení. Jedná se o nežádoucí nadměrné světlo produkované umělými světelnými zdroji šířící se ve venkovním prostoru. Rušivé světlo může negativně ovlivnit ekosystém, objekty bydlení nebo bezpečnost dopravy. Rušivé světlo prostupující přes okna obytných domů, může narušovat spánek obyvatel. V přírodě může umělé osvětlení (přímé nebo odražené) výrazně přispět k narušení přirozeného nočního stavu a ohrozit tak zdraví zvířat a rostlin. Pro rušivé světlo, se také používá výraz světelné znečištění. Světlo je indikátorem existence atmosféry a jejího znečištění, částice v ovzduší rozptylují světlo, a proto se zvětšuje závojevý jas oblohy. [1]



Obrázek 1.2: Vznik různých forem rušivého světla ve venkovním prostředí [1]

Rušivé světlo rozdělujeme z hlediska důsledků na proces vidění a vlivů na životní podmínky na:

- Závojevý jas
- Oslnivé světlo
- Světelný přesah
- Podíl horního světla ULR

1.2 Závojevý jas:

Závojevý jas oblohy vzniká působením světelného toku, který je vyzařován především z umělých světelných zdrojů. Jako jsou svítidla veřejného osvětlení, ale i odrazem od povrchů, na kterých dochází k odrazu světelného toku. Dále se pak světelný tok šíří atmosférou. Vlastnosti, jenž ovlivňují prostupnost světelného záření atmosférou jsou definovány chemickým složením atmosféry, jako jsou prachové částice, vodní páry a aerosoly které vytváří bariéru prostupujícímu světlu. Všechny z těchto mikročástic, částečně světelný tok odrazí, částečně pohltí a částečně projde jejich povrchem. [1]

Celkový světelný tok definujeme vztahem:

$$\Phi = \Phi\rho + \Phi\alpha + \Phi\tau \text{ [lm]}$$

Kde:

Φ - celkový světelný tok (lm)

$\Phi\rho$ - odražený světelný tok (lm)

$\Phi\alpha$ - pohlcený světelný tok (lm)

$\Phi\tau$ – propuštěný světelný tok (lm)

Nejdůležitější je odražená složka světelného toku, která se vrací nazpět směrem k pozorovateli nebo opětovně naráží na zmíněné bariéry a je znova rozptylována, pohlcována a propouštěna. Výsledné vzájemné působení světla a prostředí, se projevuje vznikem tzv. závojevého jasu. Z důvodu zvýšení jasu oblohy, dochází k poklesu kontrastu mezi jasy objektů na obloze a jasem oblohy, který způsobuje nárůst adaptační úrovně zrakového orgánu. Tím dochází k poklesu pozorovatelnosti objektů nacházejících se za touto interakcí, které jsou zájmem např. astronomického pozorování. Závojevý jas oblohy, se díky komplikacím, které způsobuje v astronomické praxi stává ústředním tématem rušivého světla. Závojevý jas je výrazně viditelný především nad oblastmi s hustou aglomerací. [1]



Obrázek 1.3: Rozptyl světla na částicích a vznik závojevého jasu [1]

1.3 Oslnivé světlo:

V případě že je kontrast jasu či samotný jas větší, než na jaký je zrakový orgán adaptován, dochází k oslnění. Tím dojde k narušení zrakové pohody, vidění se zhoršuje nebo dokonce znemožňuje, přispívá k celkové únavě, dokonce může dojít k výraznému poškození zrakového orgánu. Oslnění způsobuje zrakovou dezorientaci, která může být příčinou úrazu. Oslnění často vzniká díky předimenzovanému nebo špatně nasměrovanému svítidlu. [1]



Obrázek 1.4: Jasová mapa s nevhodně zvolenou venkovní osvětlovací soustavou [1]

1.4 Světelný přesah:

Jedná se o nežádoucí světlo, které je distribuováno za své funkční hranice, do prostor jemu neurčených. Světelný přesah nastává u svítidel veřejného osvětlení, kdy nežádoucí světlo dopadá do obytných domů nebo osvětluje i sousední pozemky. Čímž může docházet k narušování soukromí obyvatel. Zvýšená vertikální osvětlenost (E_v) svislých ploch, je projevem světelného přesahu. Světelný přesah znatelně přispívá k nárustu energetických ztrát, z důvodu že se svítí tam, kde se nemusí a nemá. [1]

1.5 Podíl horního světla ULR:

ULR je podíl světelného toku vyzařeného přímo do horního poloprostoru k celkovému světelnému toku ze svítidla. Celkový světelný tok, šířící se do horního poloprostoru a zvyšující závojevý jas, je složen z přímé složky a odražené složky od terénu a objektů v okolí. Maximální hodnoty ULR a výpočtové metody jsou stanoveny dle CIE 126:1997 a CIE 150:2017.

Platí vztah:

$$ULR = \frac{ULOR}{LOR} [\%]$$

Kde:

ULR – celkový světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru (%)

ULOR – světelný tok vyzařovaný přímo do horního poloprostoru (lm)

LOR – celkový světelný tok vyzařovaný svítidlem (lm)

Koeficient rušivého světla UFR:

$$UFR = \frac{ULR}{ULR_{min}} = \frac{E \cdot A \left[\frac{ULOR}{u} + \rho_1 + \rho_2 \cdot \left(\frac{DLOR}{u} - 1 \right) \right]}{\rho_1 \cdot E \cdot A}$$

Kde:

ULR- celkový světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru (%)

ULRmin - minimální nevyužitý světelný tok

E- osvětlenost relevantní oblasti

A- relevantní oblast

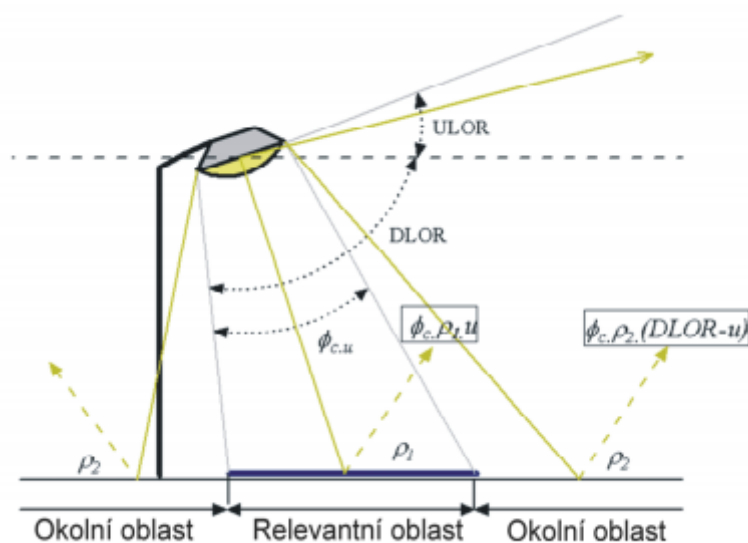
ULOR-podíl světelného toku svítidla v instalované pozici, který je distribuován do horního poloprostoru (%)

DLOR- podíl světelného toku svítidla v instalované pozici, který je distribuován do dolního poloprostoru (%)

u- činitel využití osvětlovací soustavy

ρ_1 - činitel odrazu relevantní oblasti

ρ_2 - činitel odrazu osvětleného okolí



Obrázek 1.5: Přímá a odražená složka světelného toku [1]

2 Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možnosti jejich vyzařování do horního poloprostoru

2.1 Veřejné osvětlení:

Vyzařovaný světelný tok VO, je možno ovlivnit příhodným rozložením svítidel podél komunikace, nastavením výšek zavěšení a vhodným návrhem velikosti roztečí mezi jednotlivými svítidly, nasměrováním světelného toku tak, aby došlo k omezení světelného toku vyzařovaného mimo osvětlovanou oblast (především do horního poloprostoru). Světelný tok je cílen primárně do oblasti komunikace, ovšem je nutné zajistit i potřebnou informovanost řidiče o situaci mimo komunikaci.

Geometrie soustav VO se rozděluje podle uspořádání místní komunikace na směrově rozdělenou a směrově nerozdělenou. Abychom mohli navrhnout uspořádání osvětlovací soustavy, musíme brát v potaz šířku jízdního pruhu (hlavního dopravního prostoru) a šířku prostoru přidruženého.

U místních komunikací se používá jednostranná osvětlovací soustava, u směrově rozdělených komunikací ve středovém dělicím pásu soustava jednostranná, párová nebo vystřídaná. Ekonomicky výhodnější je použití soustavy jednostranné, pokud je to možné z hlediska zajištění potřebných světelně technických parametrů. Pro optimálnější rozložení dopadajícího světelného toku na vozovku a dosažení požadované příčné rovnoměrnosti jasu, je lepší použít párové a vystřídané osvětlovací soustavy. U párových a vystřídaných soustav, je možno použít svítidla o nižším příkonu než u jednostranné soustavy. [7]

Abychom provedli správné zatřídění osvětlované oblasti, musíme dle normy ČSN CEN/TR 13 201-1.

2.1.1 Používané typy osvětlovacích soustav podle rozložení svítidel na komunikaci jsou:

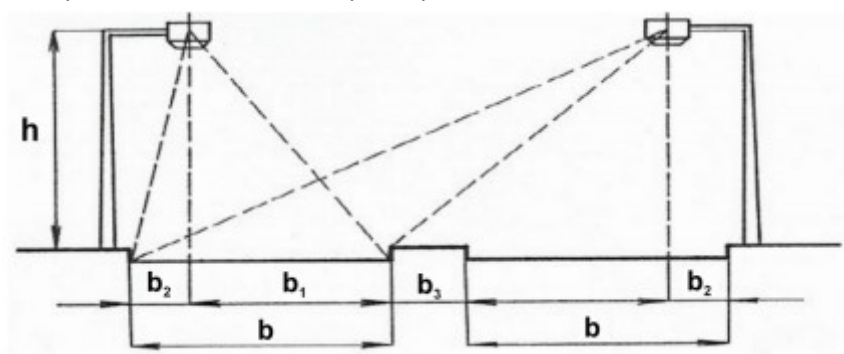
osová: je výhodná z důvodu rovnoměrnosti vyzařovaného světelného toku, používá se tam, kde není možné použít stožár. Upevnění soustavy je realizováno prostřednictvím nosných lan. Šířka komunikace může být až 2x větší, než montážní výška svítidla.

jednostranná: používá se pro užší komunikace které mají nižší třídu osvětlení, je výhoda že stačí jedno napájecí vedení (pro $b \leq h$). Nevýhodou je nerovnoměrnost jasu povrchu komunikace v obou pruzích.

vystřídaná: pro širší komunikace s vyšším požadavkem na rozložení světelného toku, je nutnost napájecího kabelu po obou stranách, šířka komunikace může být 1,5x větší než výška svítidla. U tohoto uspořádání je nízká podélná rovnoměrnost jasů, která má za následek střídající se světlejší a tmavší místa.

Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možnosti jejich vyzařování do horního poloprostoru

párová: vhodné pro širší komunikace s vyšším požadavkem na rozložení světelného toku ($b > 1,5 \cdot h$)



Obrázek 1.6: Párová osvětlovací soustava [1]

řetězcová: svítidla jsou zavěšena na laně mezi sloupy, které jsou umístěny v ose dělicího pásu

Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možnosti jejich vyzařování do horního poloprostoru

Název soustavy	Směrově nerozdělené	Směrově rozdělené
Jednostranná se stožáry po levé straně vozovky		
Jednostranná se stožáry po pravé straně vozovky		
Vystřídaná		
Párová		
Převěsová osová		
Převěsová párová		
Řetězec		

Obrázek 1.7: Typy osvětlovacích soustav veřejného osvětlení [2]

2.2 Osvětlení sportovišť:

Při návrhu osvětlení pro sportoviště se berou v potaz 2 plochy. PA což je skutečná plocha pro provádění sportu a TA která se skládá z PA a bezpečnostní plochy vně hlavní plochy. Vycházíme z normy ČSN EN 12193- Světlo a osvětlení – Osvětlení sportovišť. Rozlišujeme, o jaký typ sportu se jedná, dále volíme třídy osvětlení dle „úrovně soutěže“ na které se bude na sportovišti daný sport vykonávat. Pro navrženou osvětlovací soustavu musí být dodrženy intenzity osvětlení dle ČSN EN 12 464, k tomu je potřeba provádět pravidelnou údržbu. Světelné zdroje musí být nahrazeny zdroji se shodnými technickými parametry: světelný tok, barva světla, stupeň podání barev. Prostor a povrchy je nutno udržovat tak, aby nedošlo ke snížení počátečních činitelů odrazu. [6], [1]

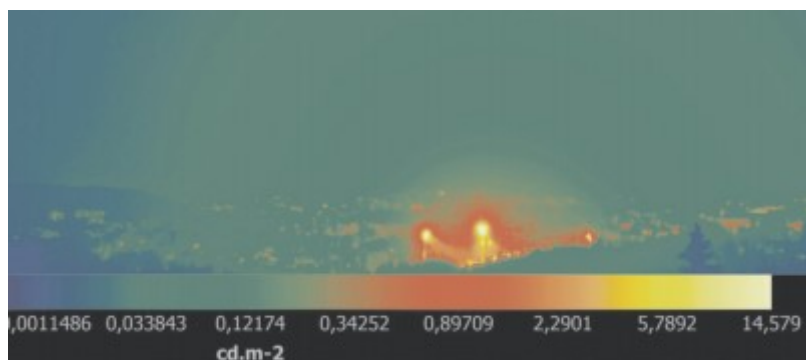
Platí, že osvětlenost celkové plochy musí být alespoň 75% osvětlenosti hlavní plochy. Tudíž je výhodné počítat veškeré plochy pro celkovou plochu. Protože většina osvětlovacích soustav má na krajích nižší intenzitu osvětlenosti, z důvodu že nedochází k příspěvkům ze všech stran.

U víceúčelových sportovišť, kde převažuje třída osvětlenosti III, v případě že je osvětlovací soustava osazena vysokotlakými sodíkovými výbojkami, může dojít ke splývání čar, které vymezují jednotlivá

Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možnosti jejich vyzařování do horního poloprostoru

hřiště. Požadavky normy vyžadují minimální svislou osvětlenost, z důvodu správného prostorového vnímání sportovců. Která je rovná cca 30% úrovně vodorovné osvětlenosti.

V normě ČSN EN 12193 je obsažen požadavek pro otevřená sportoviště na omezení rušivého světla. Pokud dochází k nárazovému osvětlování sportoviště, např. z důvodu tréninku či zápasu, je možno rušivé světlo zmenšit správným směřováním světelného toku a zakrytím stadionu. [6], [1]



Obrázek 2.1: Zvýšený jas nad stadionem [1]

2.3 Architektonické osvětlení:

Význam architektonického osvětlení spočívá především v umělecké a reklamně propagační oblasti. Při analytické části návrhu, se zaměřujeme nejen výsledný účinek a kvalitu architektonického osvětlení, ale i na energetickou náročnost a účinky rušivého světla. [1]

Jas okolí	Popis prostředí	Jas L_{bm} (cd·m ⁻²)	
		malá pozorovací vzdálenost	velká pozorovací vzdálenost
malý	venkovské oblasti	4 cd·m ⁻²	5 cd·m ⁻²
střední	malá města a předměstí velkých měst	6 cd·m ⁻²	8 cd·m ⁻²
velký	zábavní a komerční oblasti, centra velkých měst	12 cd·m ⁻²	16 cd·m ⁻²

Pro návrh arch. osvětlení, je nutno znát základní pozorovací směry. Následně se pak určí hlavní pozorovací směr, ze kterého je pohled na osvětlovaný objekt nejatraktivnější. Důležité je, aby ve zvolených pozorovacích směrech nebyly vidět svítící části svítidel osvětlovací soustavy. Světelnětechnické parametry posuzujeme z hlediska vytvoření světelného prostředí souvisejícího se zrakovým vjemem, dále pak z hlediska rušivého světla. V případě, že osvětlované povrchy mají difúzní charakter odrazu, je možno na základě požadovaného jasu L_{bm} stanovit osvětlenost povrchu E_{bm} dle vztahu:

$$E_{bm} = \frac{L_{bm} \cdot \pi}{\rho}$$

Kde:

E_{bm} je průměrná hodnota udržované osvětlenosti povrchu (lx)

L_{bm} je pak průměrná udržovaná hodnota jasu povrchu (cd·m⁻²)

ρ je činitel odrazu osvětlovaného povrchu (-)

Barevné vlastnosti volíme dle požadovaného vizuálního efektu. Jestliže požadujeme věrný vjem barev osvětlovaného objektu, musíme použít světelné zdroje, jenž mají vysoký index podání barev,

Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možnosti jejich vyzařování do horního poloprostoru

popřípadě světelné zdroje, jejichž spektrální složení odpovídá spektrálním vlastnostem odrazu osvětlovaného povrchu. [1]

Prostorové vnímání osvětlovaného objektu ovlivňuje rozložení jasu a směrové vlastnosti osvětlení. U složitějších architektonických útvarů, je nutné zvolit směr dopadu světla, kdy vzniklé stíny podpoří prostorový vjem daného objektu.

Použitím světlometů s velmi úzkou optikou zvýrazníme architektonické detaily a současně omezíme vznik rušivého světla. Stejně tak světlomety s úzkou optikou, které jsou určeny k osvětlování několika vedle sebe blízko umístěných architektonických prvků a k zvýraznění architektonických detailů ze střední vzdálenosti. Také optika s podélným vějířovým svazkem, má velmi přesné usměrnění světelného svazku a výrazně její použití přispívá k omezení rušivého světla a vzniku oslnění. Svítidla s touto optikou se používají k osvětlení úzkých uliček a průchodů v historických středech města. [9]



Tabulka 2.2: Nasvícení památníku na Vřesinské ulici v Ostravě-Porubě []

2.4 Osvětlení reklam:

Pro návrh reklamního osvětlení musíme splnit požadavky normy ČSN EN 12464-2, týkající se rušivého světla. Rušivé světlo může mít negativní dopad na ekosystém, objekty bydlení nebo bezpečnost dopravy.

Tabulka A.y: Základní rozdělení prostředí [1]

Kategorie	Jas okrajového pole (okolí)	Charakteristika prostředí
I.	$< 0,3 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	Neosvětlené prostředí, silnice, noční obloha
II.	$> 0,3 \text{ až } 3,0 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	Mírně osvětlené prostředí, průměrně osvětlená vozovka, individuální světelné body
III.	$> 3,0 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$	Silně osvětlené prostředí, vyšší úroveň osvětlení vozovky, více světelných zdrojů

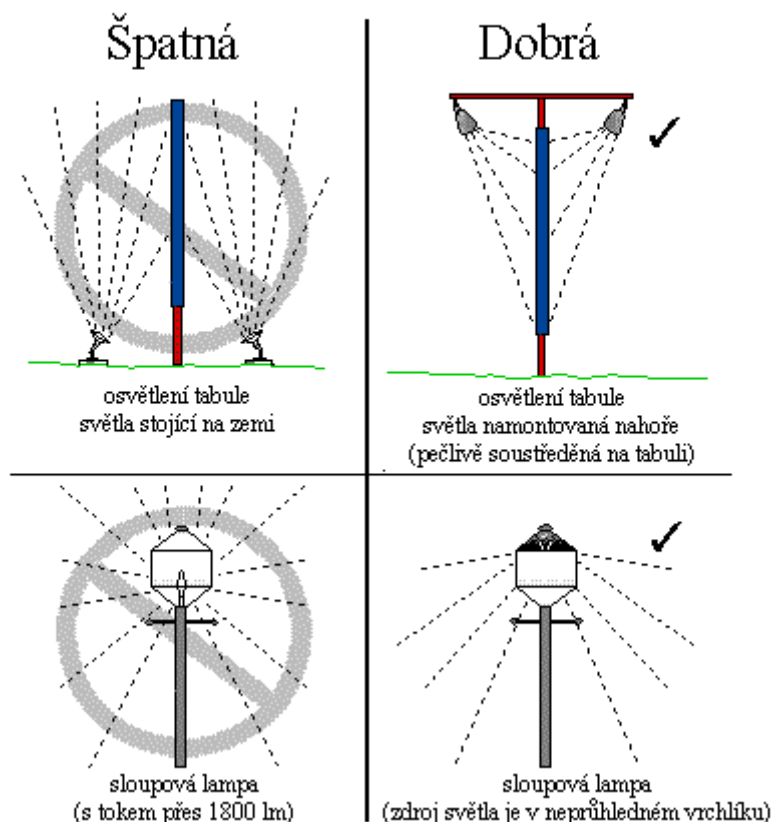
Tabulka A.y: Tabulka maximálních přípustných hodnot svítivosti a jasů na velikost osvětlované reklamní plochy [1]

Kategorie prostředí	Maximální hodnota svítivosti při celkové ploše $S < 20 \text{ m}^2$	Maximální hodnota jasů při celkové ploše $S > 20 \text{ m}^2$
I.	100 cd	$5 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$
II.	300 cd	$15 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$
III.	1 000 cd	$50 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$

2.4.1 Základní požadavky na osvětlování reklam:

U reklamního osvětlení by jas neměl výrazně převyšovat úroveň jasů v okolí, také záleží na umístění reklamy, v centru města je přijatelná výrazněji nasvícená reklama, než v obytné zóně či volné krajině. Pokud jde o reklamu umístěnou poblíž dopravních komunikací, tak příliš silné nasvícení reklam může mít negativní dopad na bezpečnost provozu. V normách máme uvedeny maximální dovolené hodnoty jasů reklamních ploch na různých místech. U billboardu bychom měli světlomety instalovat na horní okraj konstrukce, aby světlo šlo shora dolů. Pokud bychom je instalovali ze spodu či ze strany, zbytečně dojde k výraznému světelnému znečištění. Dobré je také použití clon nebo stínítek, aby světlo mířilo jen na osvětlovanou plochu.

Příklady některých běžných svítidel

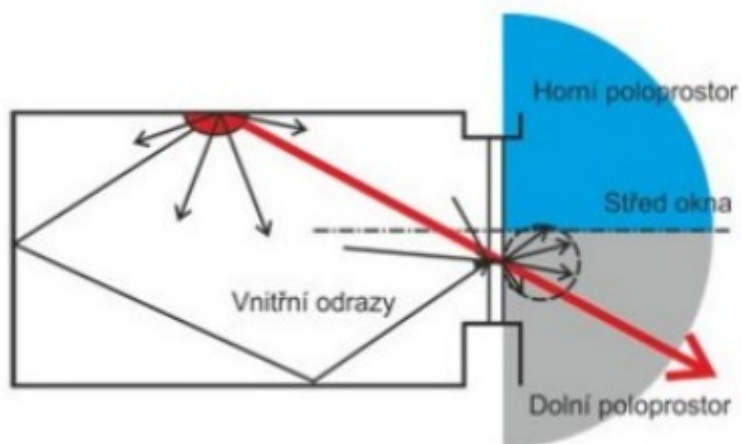


Obrázek 2.3 Správné a špatné osvětlení

Chování jednotlivých typů osvětlovacích soustav z pohledu možnosti jejich vyzařování do horního poloprostoru

2.5 Rušivé světlo pocházející z oken domů:

Rozsah světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru se odvíjí od použitého zdroje světla, důležité je také jeho umístění v prostoru, pak také závisí na vlastnostech oken, kde může jako stínění z velké části pomoci použití závěsu, žaluzií popřípadě i záclon.



Obrázek 2.4: Světelný tok vyzařovaný z oken domácností do horního poloprostoru [1]

Obrázek výše znázorňuje světelný tok vyzařovaný ze svítidla uvnitř obytného prostoru. Svítidlo vyzařuje světelný tok do dolního poloprostoru, ovšem dochází k odrazu. Světelný tok vycházející z okna přispívá k světelnému znečištění.



Obrázek 2.5: světlo z oken domácnosti

3 Používané typy světelných zdrojů

Světelné zdroje nejčastěji používané pro osvětlování veřejných prostranství, jsou vysokotlaké sodíkové výbojky, které v jsou v posledních letech nahrazovány LED světelnými zdroji.

Sodíkové výbojky pracují na principu elektrického výboje v prostředí sodíkových výparů, díky čemuž dochází k vzniku světla.

LED světelné zdroje fungují na principu elektroluminiscence, jedná se v podstatě o přeměnu elektrického proudu přímo na světlo. Fungují díky polovodičům skládajícím se ze dvou vrstev. Po připojení elektrického proudu se elektrony z první vrstvy přesouvají na druhou vrstvu a vytvářejí přebytečnou energii ve formě světla.

3.1 LED svítidla vs. vysokotlaké výbojky

Pro VO je stále využíváno vysokotlakých sodíkových výbojek. Vysokotlaké sodíkové výbojky mají řadu nevýhod a jejich výhodou je především cena. Někde se využívá i halogenidových výbojek, které mají kvalitní bílé světlo ale relativně nízkou světelnou účinnost, krátkou životnost a vyšší pořizovací cenu. Nyní se však začínají rozmáhat LED svítidla, která již dosahují vysoké světelné účinnosti a tak mohou být využity pro potřeby venkovního osvětlení.

3.1.1 LED svítidla výhody:

- Mají nízkou spotřebu energie

- Jsou bezúdržbové (bez výměny výbojek, startérů, tlumivek)

- Snižují se náklady na operativní údržbu

- V případě průměrné doby svícení 10 hodin denně je životnost LED osvětlení až 25 let (nutno brát v potaz, že při teplotách vyšších než 55 °C, dochází ke zkrácení životnosti)

- Velmi nízká poruchovost, pouze cca 1-2%

 - Mají univerzální použití pro osvětlování komunikací, parky, cyklostezky či průmyslové areály

 - Můžeme instalovat na stěnu, betonový sloup, sadový sloup nebo výložník

 - Možnost okamžité náhrady původních svítidel

 - Nedochází k produkci UV záření (nepřitahují tak hmyz)

 - Zcela zásadní je, že vytváří minimální množství světelného smogu (dochází omezení rušivého světla)

- Efektivní využití světelného toku a lepší usměrnění světla

- Jednodušší stmívání s plynulou regulací světelného toku v plném rozsahu, což ovšem ve VO tak úplně nevyužijeme, možná v architektonickém osvětlení.

- Přirozenější vnímání barev blížící se dennímu světlu, můžeme si vybrat **mezi teplou bílou, denní bílou a studenou bílou barvou světla**.

- Rychlá návratnost investice do nových svítidel. (Úspora nákladů na energii, údržbu a servis veřejného osvětlení až 60 %.) V reklamních materiálech se dokonce uvádí návratnost investice průměrně po 2-3 letech. [4]

3.1.2 LED svítidla nevýhody:

- Nevýhodou LED svítidel, je vysoká pořizovací cena v porovnání s výbojkami. Někdy se také v souvislosti s LED svítidly hovoří o úsporách kabeláže. Což ovšem není tak úplně pravda. LED svítidla mají častěji o něco vyšší příkon než vysokotlaké výbojky. Krom toho, kabely nejsou dimenzovány pouze

na přenášený výkon, ale i na dovolený úbytek napětí, dále se musí brát v potaz bezpečnost a hodnota impedanční smyčky. LED svítidla pracují na principu, kdy hodnota světelného toku roste spolu se zvyšujícím se proudem. Toho je ovšem možno využít k trvalému provozu, jen v oblasti od minimálních do jmenovitých hodnot proudu. S rostoucí teplotou LED se světelný tok lineárně snižuje, což by bylo možno kompenzovat ochlazováním čipu. Toto řešení ovšem v případě VO není prakticky úplně reálné. [5]

3.1.3 Výhody vysokotlakých sodíkových výbojek:

Vysokotlaké výbojky, mají jednu konkurenční výhodu oproti LED svítidlům a tou je cena. Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou tudíž stále hojně využívány, protože za nízkou cenu nabízejí vysokou světelnou účinnost (70-130 lm/W), životnost až 16000 hodin, malé rozměry, usnadňující konstrukci svítidla. Ovšem seznam nevýhod oproti LED svítidlům, je docela rozsáhlý. [4]

3.1.4 Nevýhody vysokotlakých sodíkových výbojek:

Dochází k větší spotřebě energie

Neefektivní využití světelného toku

teplé bílé světlo o chromatičnosti 2000K (jiná možnost není)

Spektrální složení pokrývá pouze část viditelného světla

Zkreslené podání barev a není možný přirozený vjem barev

Dochází k produkci UV záření (přitahuje hmyz)

Horší vjem povrchů, které odrážejí světlo dlouhých a krátkých vlnových délek. [4]



Obrázek 3.1: Vysokotlaká sodíková výbojka a příklad jejího spektra [1]

Při srovnání LED a vysokotlakých sodíkových výbojek, nerozhoduje jen velikost měrných výkonů, ale především množství využitého světla. Je třeba brát důraz na to, zda navržená osvětlovací soustava vyhovuje třídě osvětlení a zaručí tak minimální předepsanou hodnotu osvětlenosti. Dále se diskutuje o ekologickém hledisku. Protože LED svítidla mají vyšší příkon než rovnocenná výbojková alternativa, nemůžeme je z tohoto pohledu brát jako ekologičtější. Ekologičtější by ale měly být, co se týče výroby a likvidace. [4]

Krom běžného osvětlení komunikací, je třeba zmínit také osvětlování reklamních ploch. Často jsou používány halogenidové výbojky, které ovšem začínají nahrazovat LED světelné zdroje.

4 Odrazné a propustné vlastnosti materiálů mající vliv na světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru

V případě ploch s rovnoměrným odrazem světla, vyjádříme činitel odrazu ploch ze vztahu:

$$\rho \cdot E = \pi \cdot L$$

Kde:

E...intenzita osvětlování na posuzované ploše (lx)

L...jas posuzované plochy (cd.m-2)

ρ ...činitel odrazu (-)

Pokud chceme posuzovat činitele odrazu u větších ploch, musíme brát v úvahu že mohou být na jednotlivých místech znečištěné a tak se provede stanovení v kontrolních bodech rovnoměrně umístěných na ploše, kdy aritmetický průměr z těchto hodnot považujeme ze střední činitel odrazu. Během měření, nesmí dojít k zastínění měřené plochy. K zjištění činitel odrazu lze použít také porovnávací metodu, v tom případě změříme jas dané plochy a jas normálu o známém činiteli odrazu. Kontrolovaná ploška má činitel odrazu který je úměrný poměru jejího jasu a jasu normálové plošky násobeného činitelem odrazu normálu.

V našem případě budeme pracovat s difúzními odraznostmi. K odrazu dochází, pokud se vrací záření od povrchu nebo prostředí bez toho, aby došlo ke změnám kmitočtu monochromatických složek. U difúzních povrchů je dopadající světlo rozptýlováno do různých směrů, tím vzniká rovnoměrnost světla v prostoru. Difúzní rozptyl nastává u dokonale rozptylujících materiálů. Jednotlivé elementy povrchu, část světla odráží k oku. K difúznímu odrazu dochází na částicích rozptýlených v atmosféře nebo na strukturovaném povrchu.

4.1 Rovnoměrně rozptylný, difúzní odraz

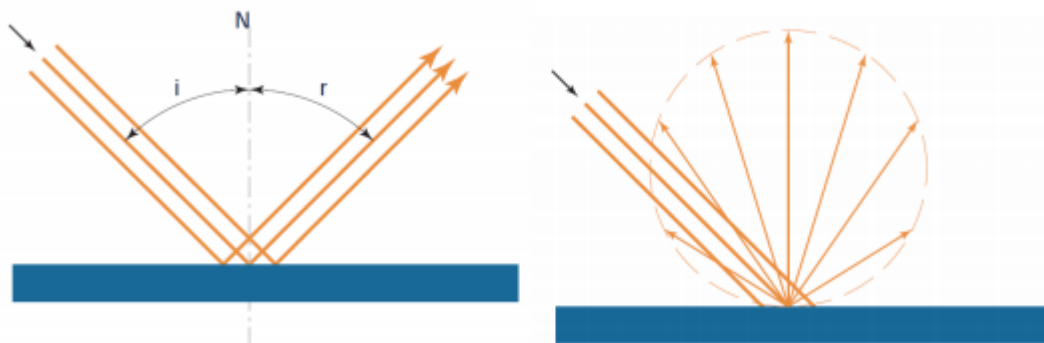
Při tomto odrazu dochází k rovnoměrnému rozptylu odraženého záření do celého prostoru. Svítivost u difúzního odrazu dosahuje max. hodnot v kolmém směru. Pod úhly jinými než 90 stupňů, můžeme svítivost vypočítat dle kosínova zákona.

$$I_{\gamma} = I_0 \cdot \cos \gamma \text{ [cd]}$$

4.2 Zrcadlový odraz

Světlo je odráženo ve všech jednotlivých bodech pouze jedním směrem, k zrcadlovému odrazu dochází pouze na hladkých plochách. Úhel od normály plochy k dopadajícímu paprsku záření se rovná úhlu odrazu. Odražený paprsek leží v rovině dopadu a je odkloněn od normály na protilehlou stranu. Tímto typem odrazu se v našem případě nebudeme blíže zabírat.

Odrazné a propustné vlastnosti materiálů mají vliv na světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru



Obrázek 4.1: Vlevo ideální (zrcadlový) odraz a vpravo difuzní odraz (Lambertův zářič)

4.3 Smíšený odraz

V reálu mají materiály většinou smíšený odraz. Což je částečně difuzní a částečně odraz zrcadlový. I nezrcadlové povrchy částečně vykazují zrcadlový odraz, ovšem ve velmi omezeném rozsahu úhlů. V e výpočtech se z důvodu zjednodušení počítá s ideálními odraznými a rozptylujícími vlastnostmi materiálů.



Obrázek 4.2: Smíšený odraz

4.4 Směrově difúzní odraz

Má převahu složky odraženého záření v konkrétním směru.

5 Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů

K modelování vyzařovacích charakteristik světelného toku, který je vyzařován ze světelných zdrojů veřejného osvětlení do horního poloprostoru, využíváme program Building Desing, konkrétně jeho modul Wils. BD provádí výpočet veřejného osvětlení dle normy ČSN EN 13 201. Program nám nabízí metody výpočtu: metoda bodová (výpočet přímé složky osvětlenosti), metoda mnohonásobných odrazů (výpočet odražené složky osvětlenosti). Můžeme provést i výpočet udržovacího činitele, oslnění, popřípadě mezního jasů vozovky. Pro tvorbu 3D modelu jsem měla zadaný mapový podklad v .dwg souboru, což je formát souboru náležící AutoCadu, BD podporuje i přímou oboustrannou komunikaci s AutoCadem. Vložení svítidel je možno provést manuálně kamkoliv do prostoru, stačí zadat souřadnice x, z, y (tento způsob jsem použila v této práci), popřípadě automaticky. Svítidla v prostoru můžeme umístit pod úhlem natočení jaký si sami určíme. Program disponuje databází svítidel, která je ale omezená na novější svítidla od vybraných výrobců. Pro rozsáhlejší knihovnu svítidel, je nutno mít placenou verzi. Absenci svítidel v databázi BD, však můžeme vyřešit tak, že si nahrajeme ldt soubory z vlastních zdrojů.

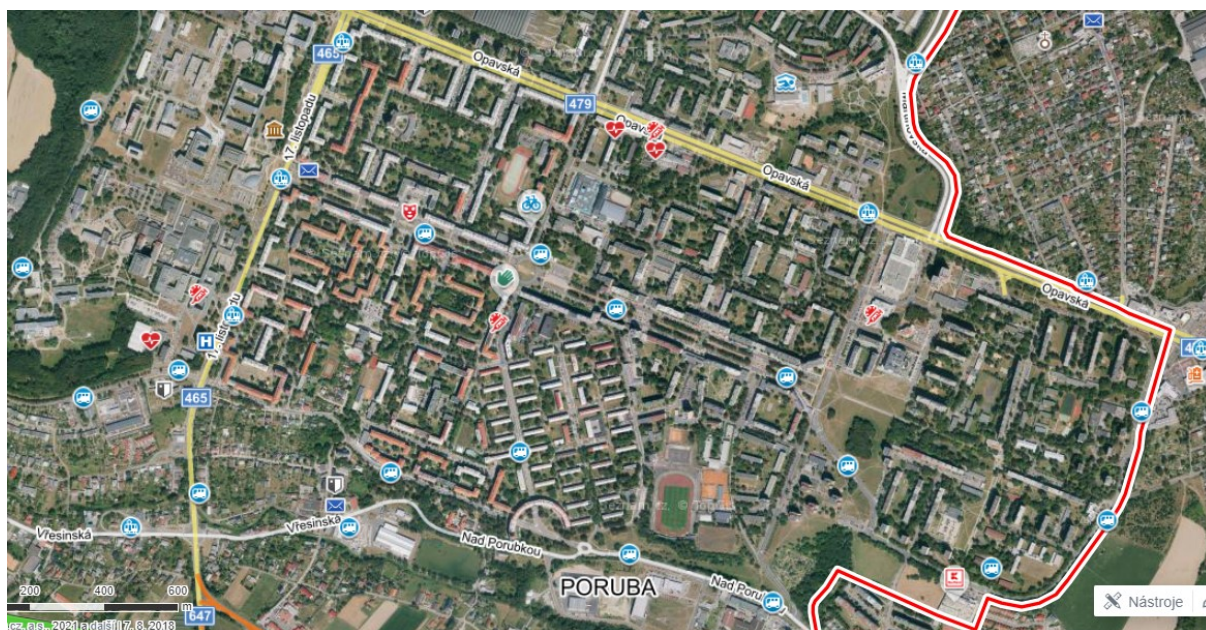
5.1 Tvorba modelu městské části Ostrava-Poruba v BD

V rámci své diplomové práce, jsem navázala spolupráci se společností Ostravské komunikace a.s., kde jsem byla obeznána se situací ohledně provozovaných osvětlovacích soustav v městské části Ostrava-Poruba.

Cílem mé diplomové práce bylo vytvořit model městské části Ostrava-Poruba, navrhnout osvětlovací soustavu, což mimo jiné zahrnovalo vybrat svítidla odpovídajících parametrů, kterými jsem mohla nahradit část stávajících svítidel, při zachování požadavků na osvětlenost a energetickou náročnost osvětlovací soustavy. Dále sehnat potřebné LDT soubory svítidel. Po vytvoření modelu včetně osvětlovací soustavy, přichází na řadu výpočet celkového světelného toku, přímé a odražené složky.

Celý model osázený svítidly představuje bodový zdroj, na který aplikuji kulovou síť výpočetních bodů pro modelování vyzařovaného světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z osvětlovacích soustav veřejného osvětlení.

Praktická část je zpracována formou didaktické pomůcky, názorně ukazující postup práce v programu BD.



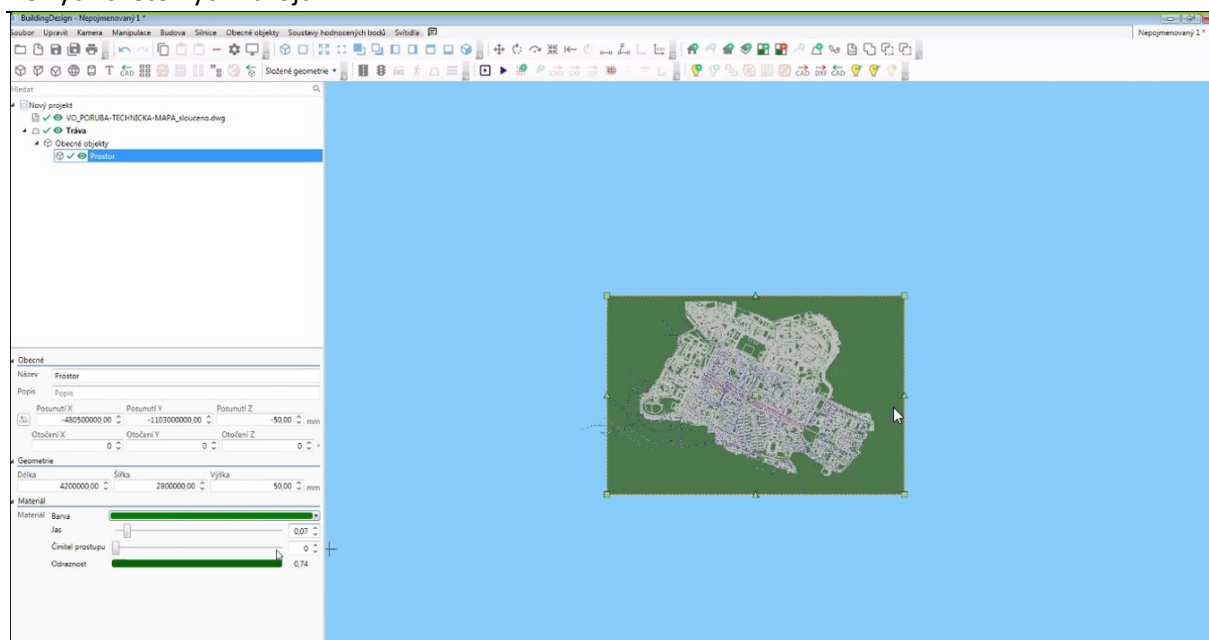
Obrázek 5.1: Letecký snímek oblasti

Od Ostravských komunikací jsem v rámci svého zadání, získala mapový podklad v .dwg souboru (soubor Autocadu), na který jsem měla za úkol vymodelovat budovy a přidružené komunikace, hotový model poté osazovat svítidly.

V první řadě si nahraji mapový podklad do BD. To udělám tak, že kliknu vpravo nahoře na „nahrát .dwg soubor“, jednotky výkresu nechám výchozí (metr) a potvrdím.

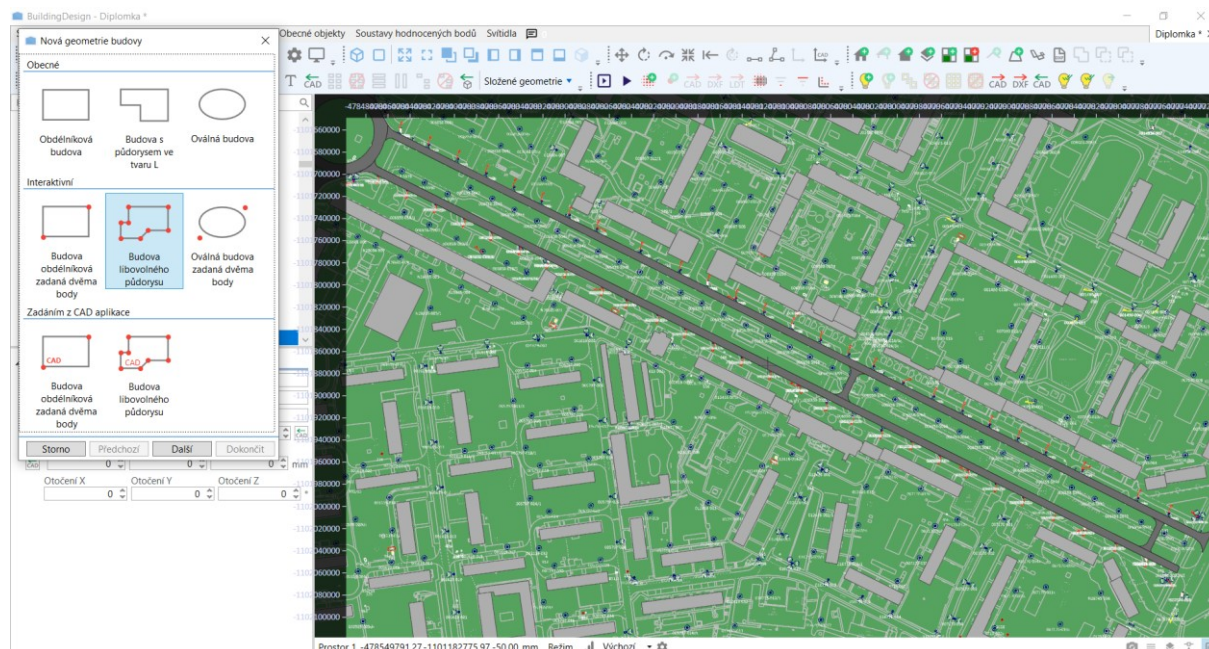
Po nahrání mapového podkladu, jsem si pod něj nastavila jako podklad zeleň. To jsem provedla tak, že jsem klikla na ikonu „přidat venkovní prostor“, zadala si „Prostor obdélníkový zadáný dvěma body“, pomocí myši pak vybrala dvěma body celý mapový podklad. Zobrazilo se mi okno „nový prostor“, kde bylo možno si prostor pojmenovat, pak klikneme na dokončit. Na pravé straně se nám zobrazí přidáný nový prostor, po rozkliknutí s nabídkou: obecné objekty->prostor, kde si můžeme dole nastavit barvu, vyberu tedy zelenou a odraznost nastavím na 10% (odraznost se nastavuje tak, že měníme jas).

Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů



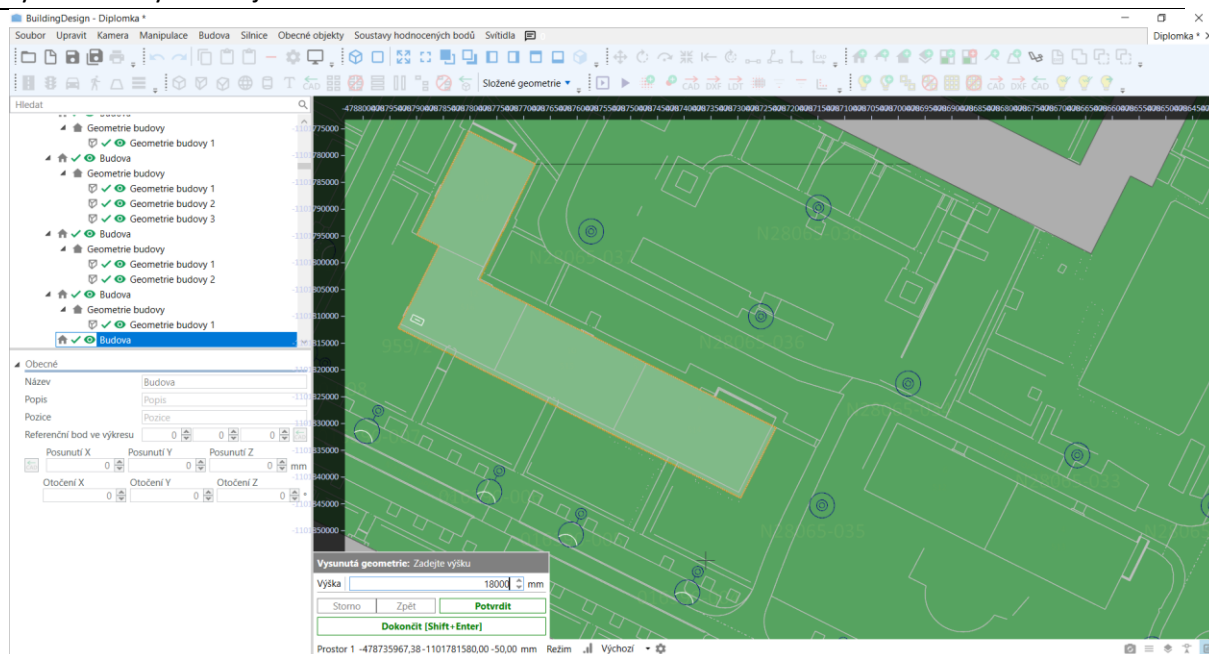
Obrázek 5.2: mapový podklad s již vytvořeným prostorem

Následně začneme modelovat budovy. Při modelování budov postupujeme tak, že vyhledáváme konkrétní budovy na mapách a počítáme počet pater, na jedno patro se počítají 3m. Budovu přidáme za pomoci ikony „přidat geometrii budovy“, v našem případě volíme možnost „budova libovolného půdorysu“ a obtáhneme půdorys budovy na mapovém podkladu, zadáme výšku budovy v mm a odraznost (budovám přiřazujeme 30% odraznost).



Obrázek 5.3: screen z BD s vymodelovanými budovami

Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů



Obrázek 5.4: postup modelování budov

Obdobným způsobem modelujeme cesty. Klikneme na ikonu „vysunutá geometrie“ a obtáhneme vyznačenou cestu v mapovém podkladu. Po obtažení klikneme dvakrát, poté zadáme výšku... volíme zanedbatelnou výšku 200 mm. Stejně jako u budov, nastavujeme jas, avšak u cest se udává 0,1...čili odraznost 10%. Při modelování cest za pomoci funkce „vysunutá geometrie“ je možné již vymodelovanou cestu protáhnout (potáhnutím za koncové body, znázorněné coby zelené čtverečky), eventuálně na ní přidat další body, díky kterým můžeme poupravit tvar cesty. Tyto body přidáme tak, že ve vybraném místě, klikneme na pravé tlačítko myši a vybereme možnost „přidat bod“, následně bod umístíme kliknutím levým tlačítkem myši. Není dobré modelovat příliš dlouhou cestu, vyplatí se dělat spíše omezené úseky a na ně napojovat další. Modelování příliš dlouhé a složité cesty, je náročné na výkon počítače. Dále si musíme dát pozor na to, abychom všechny budovy i cesty namodelovali do stejného prostoru.

Když máme vymodelované budovy i cesty, můžeme začít přidávat svítidla. Ještě předtím, než začneme svítidla přidávat, si mapový podklad zvedneme, já jen zvedla o 1000000 mm. Díky tomu se budovy a cesty stanou na pohled průsvitné a nebudou tudíž zakrývat vyznačené pozice svítidel.

Na mapovém podkladu jsou vyznačeny pozice svítidel vždy spolu s číslem konkrétního svítidla, podle tohoto čísla vyhledám svítidlo v excelu, kde zjistím, o který konkrétní typ svítidla se jedná, pokud je svítidlo nevyhovující, zastaralé, nejsou k němu sehnatelné LDT soubory. Tak v tom případě volím jiné svítidlo dle svého uvážení, tak aby optimálně splňovalo požadavky na osvětlenost a energetickou náročnost. Na pravé straně z nabídky Soustavy svítidel-> klikneme na naše vybrané svítidlo. Následně vpravo nahoře klikneme na ikonu „přidat svítidlo“, svítidlo usadíme na vybranou pozici. Do kolonky „posunutí Z“ napíšeme výšku v mm, ve které chceme svítidlo umístit. Kolonka „Otočení Z“ pak slouží k natočení, kdy zadáme úhel o který chceme svítidlo natočit.

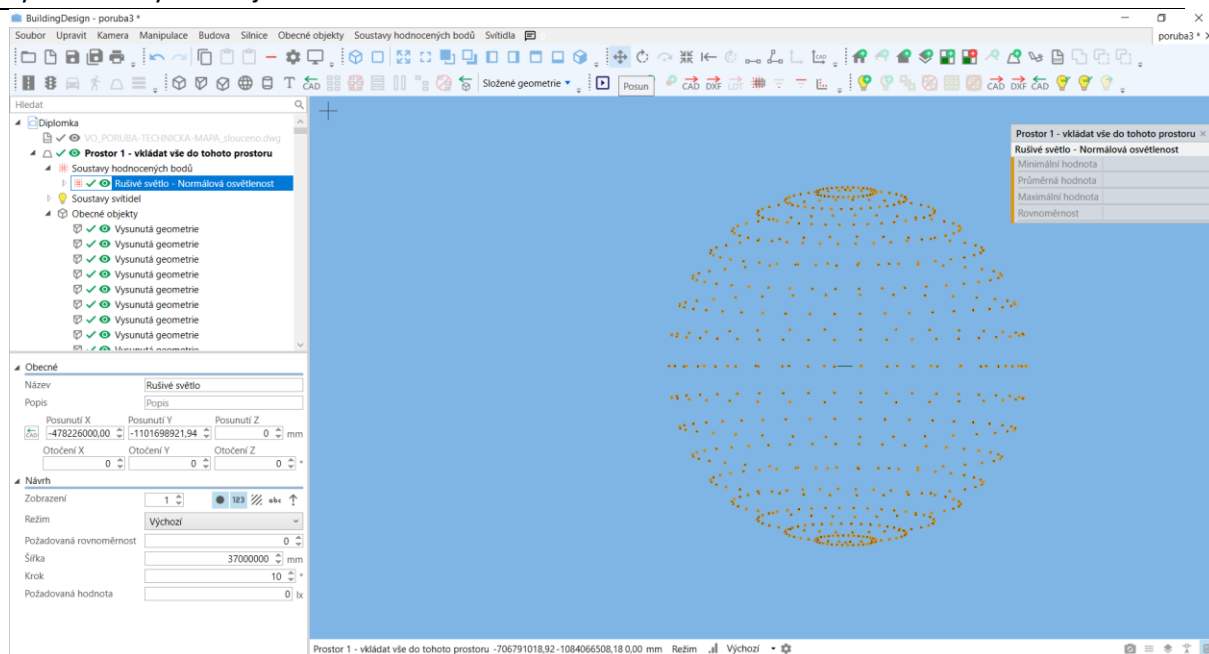


Obrázek 5.6: screen modelu z programu Building Desing

5.2 Sít výpočetních bodů pro přímou a odraženou složku

Pro výpočet přímé a nepřímé složky použijeme síť výpočetních bodů. Síť výpočetních bodů je vlastně softwarový goniofotometr. Model pak představuje bodový zdroj, který je umístěn v prostředku koule. Na obrázku je vidět již hotový model Poruby i se svítidly a síť výpočetních bodů pro přímou a odraženou složku. Model je umístěn ve středu koule tvořené výpočetními body rozloženými v rovinách C po 10° a v rovinách $gama$ také po 10° . Čím je krok po menších stupních, tím je výpočet přesnější, avšak trvá delší dobu. Ještě musím zmínit skutečnost, že poloměr koule musí být několikanásobně větší než poloměr nejdelšího rozměru modelu, aby se model choval jakožto bodový zdroj. Minimálně, musí být model 6x menší než poloměr koule. Já mám nastaveno, šířka: 37 000 000 mm, krok: 10 (tj. výše těch zmíněných 10°).

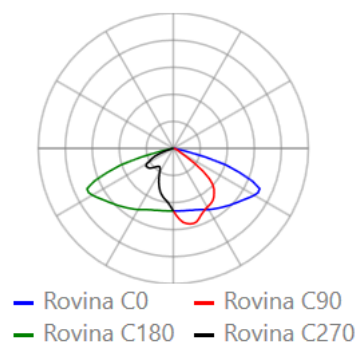
Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů



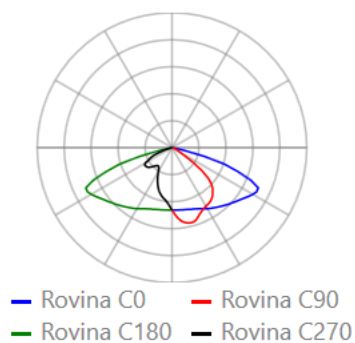
Obrázek 5.7: Kulová síť výpočetních bodů

5.3 Použitá svítidla

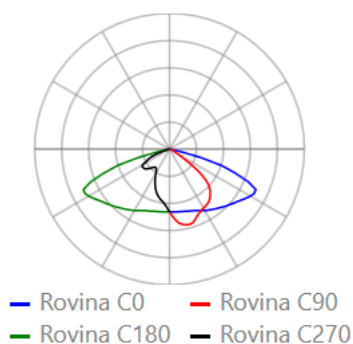
V městské části Ostrava-Poruba jsou hojně využívány vysokotlaké sodíkové výbojky, ale i LED světelné zdroje. Na vyzařovacích charakteristikách níže, můžeme vidět, že naprostá většina z nich vyzařuje pouze do dolního poloprostoru. To vysvětluje vypočtenou hodnotu přímé složky, vyzařené do horního poloprostoru. Přehled světelných zdrojů, jejich počet a celkový příkon vč. předradníku je uveden v tabulce níže.



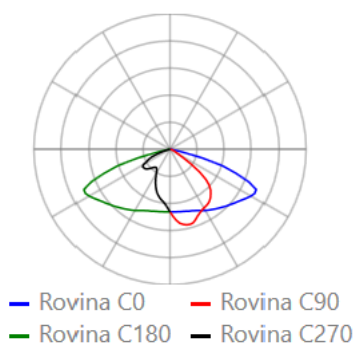
Obrázek 5.8: BOOS - NAICA LED DOR-146 37W



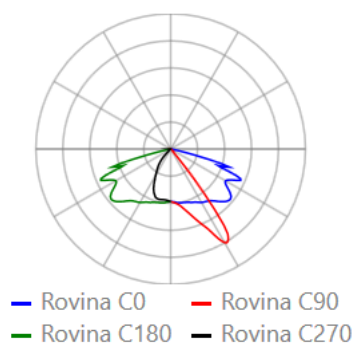
Obrázek 5.9: BOOS - NAICA LED DOR-147 73W



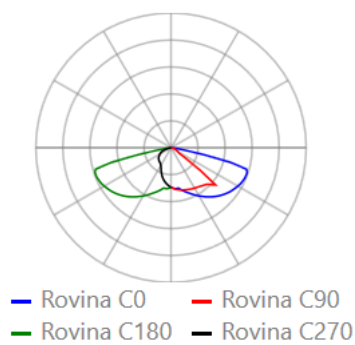
Obrázek 5.10: BOOS - NAICA LED DOR-148 13W



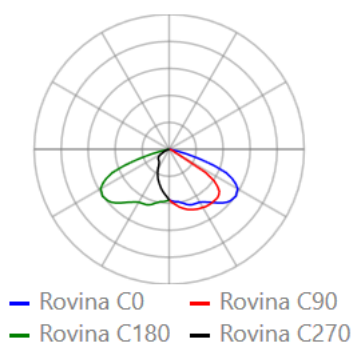
Obrázek 5.11: BOOS - NAICA Medium LED 53 optika PCL 116W



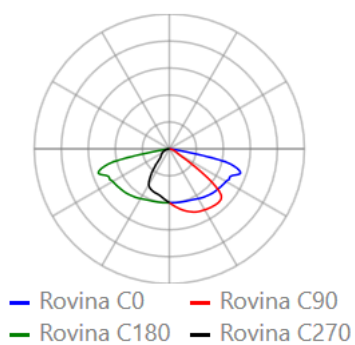
Obrázek 5.12: HELLUX - DMS_770_HC_1x_22W



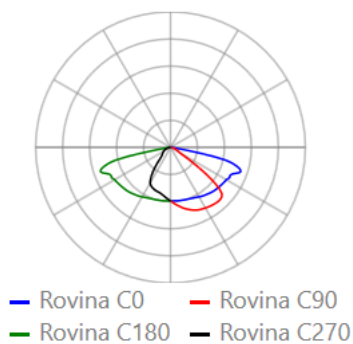
Obrázek 5.13: Thorn - LED THORN R2L2 28W 24 led



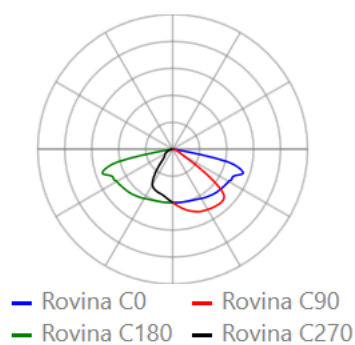
Obrázek 5.14: Thorn - URBA S 36L50WR



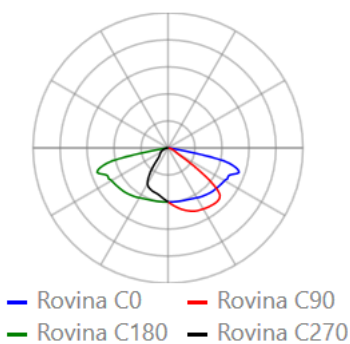
Obrázek 5.15: Philips - LED INDAL LUMA 40 53W



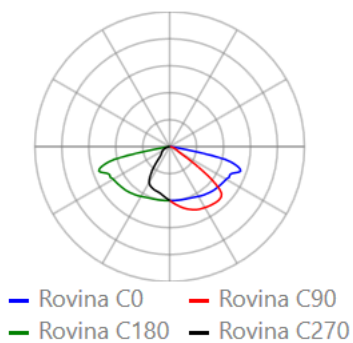
Obrázek 5.15: Philips - LED INDAL LUMA II 120 212W



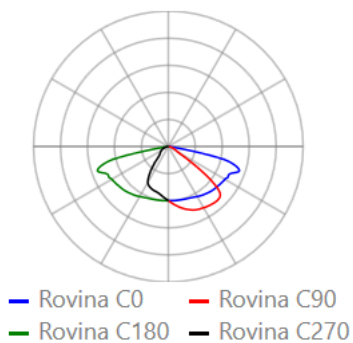
Obrázek 5.16: Philips - LED INDAL LUMA II 150W



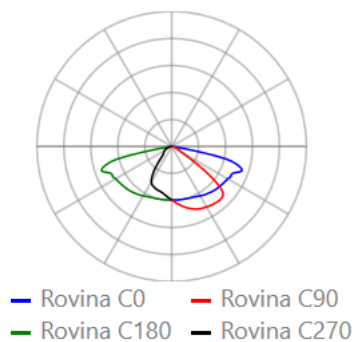
Obrázek 5.17: Philips - LED INDAL LUMA II 155W



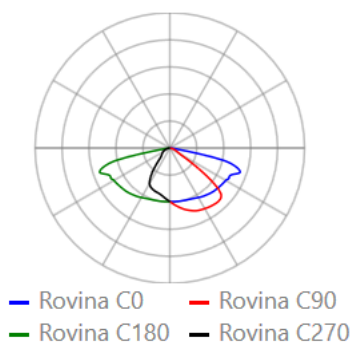
Obrázek 5.18: Philips - LED INDAL LUMA II 169W



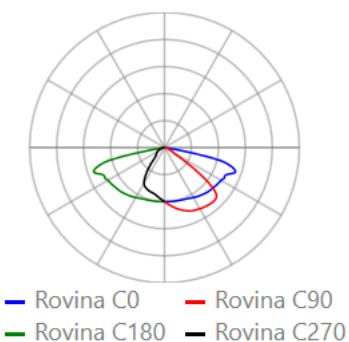
Obrázek 5.19: Philips - LED INDAL MINILUMA 21W



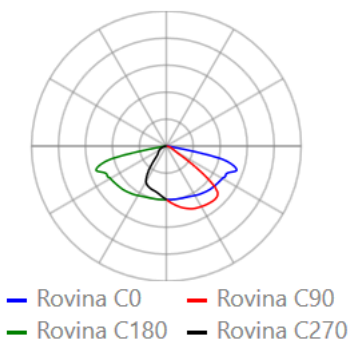
Obrázek 5.20: Titulek



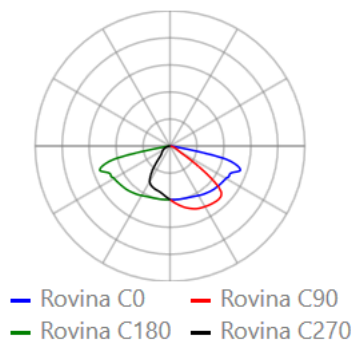
Obrázek 5.21: Philips - LED INDAL MINILUMA 30 35W



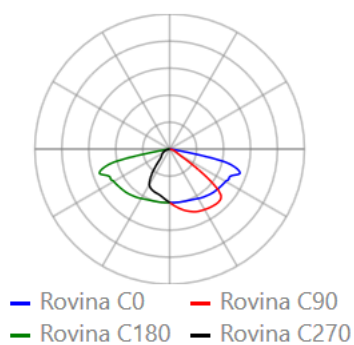
Obrázek 5.22: Philips - LED INDAL MINILUMA 30 52W



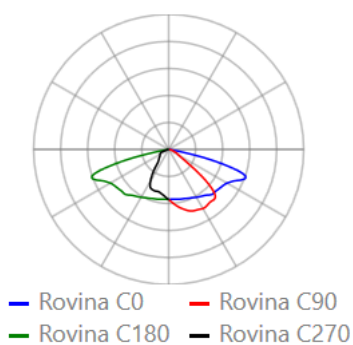
Obrázek 5.23: Philips - LED INDAL MINILUMA 47W



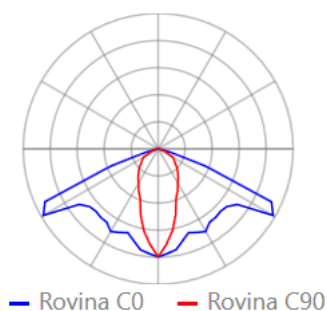
Obrázek 5.24: Philips - LED PHILIPS LUMA 1 51W



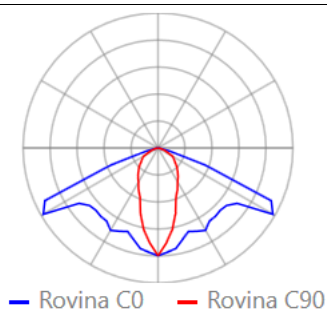
Obrázek 5.25: Philips - PHILIPS LUMA 1 LED 91W



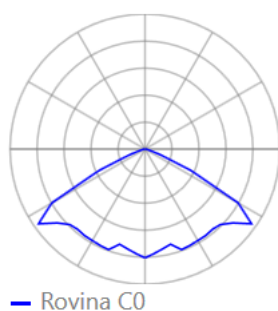
Obrázek 5.26: Philips - TownTune 32W



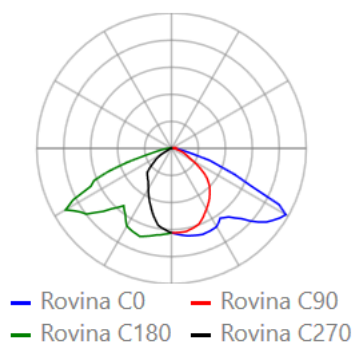
Obrázek 5.27: Elektrosvit - V-444 23 15 100W



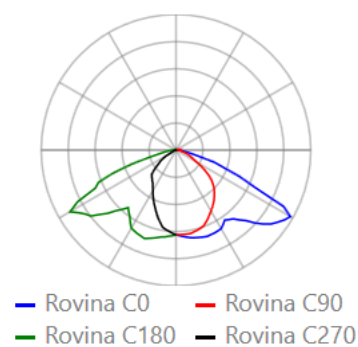
Obrázek 5.28: Elektrosvit - V-444 23 15 150W



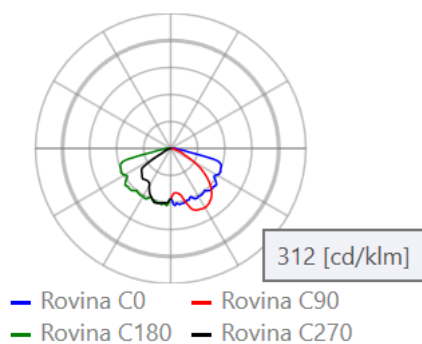
Obrázek 5.29: Elektrosvit - Z-442 23 15 150W



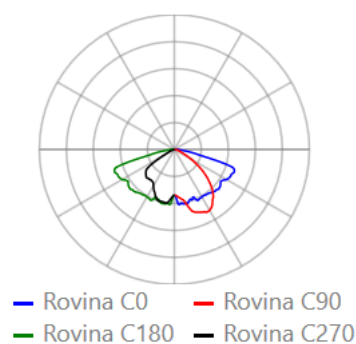
Obrázek 5.30: Philips - IND ARC80 DIP 150W



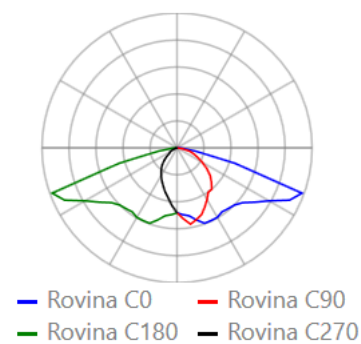
Obrázek 5.31: Philips - IND ARC90 DIP 250W



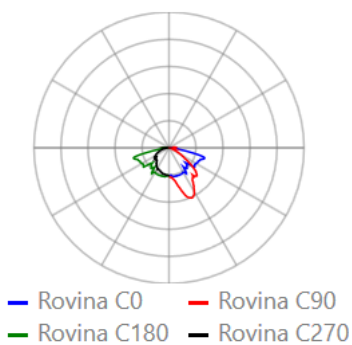
Obrázek 5.32: Schröder - SCHR Atos 70W



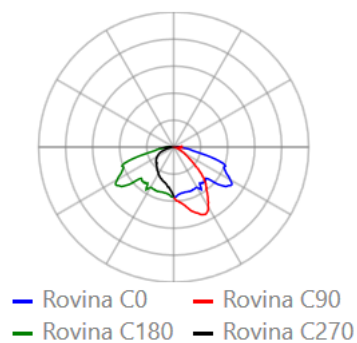
Obrázek 5.33: Schröder - SCHR Atos 100W



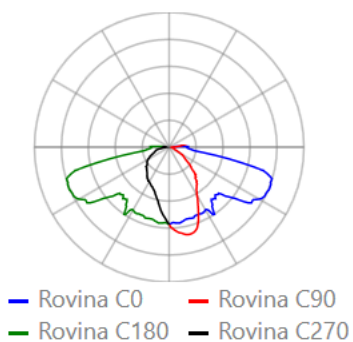
Obrázek 5.34: Schröder - SCHR ISLA 70W



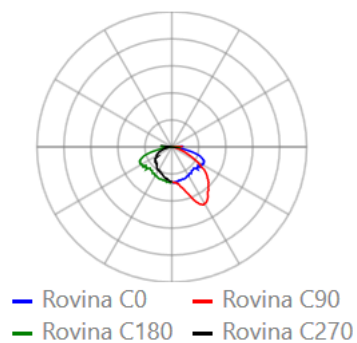
Obrázek 5.35: Schröder - SCHR MC2 100W



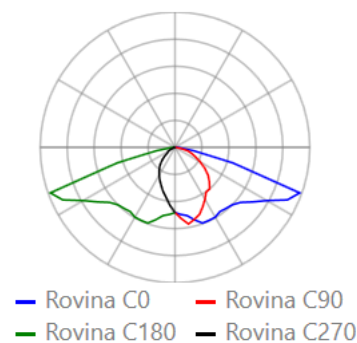
Obrázek 5.36: Schröder - SCHR MC2 150W



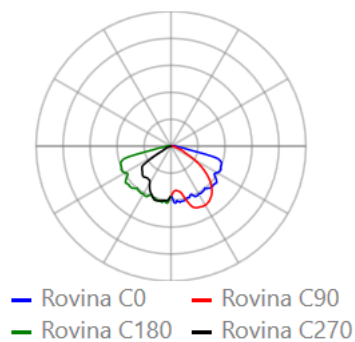
Obrázek 5.37: Schröder - SCHR MC3 250W



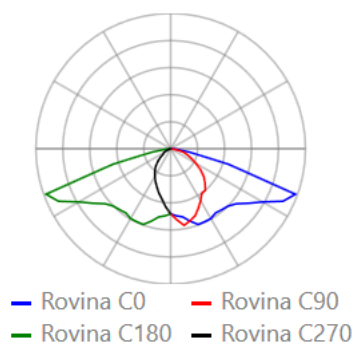
Obrázek 5.38: Schröder - SCHR MC12 70W



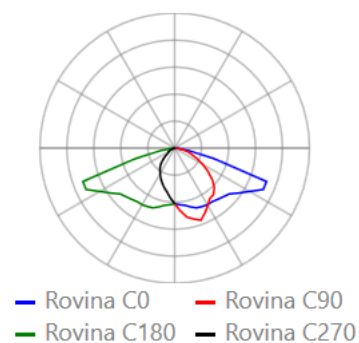
Obrázek 5.39: Schröder - SCHR Safir1 70W



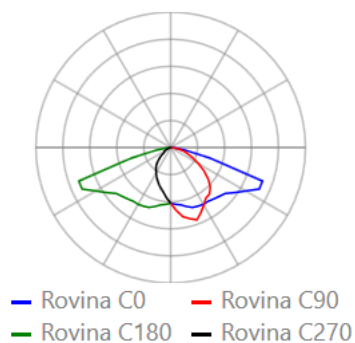
Obrázek 5.40: *Titulek*



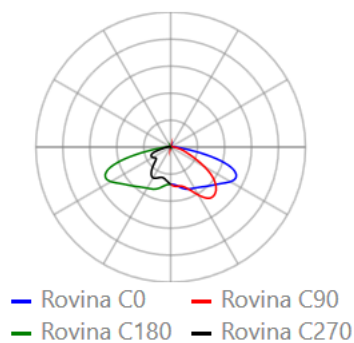
Obrázek 5.41: Schröder - SCHR Safir1 100W



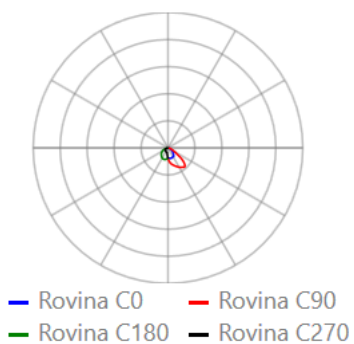
Obrázek 5.42: Schröder - SCHR Safir2 70W



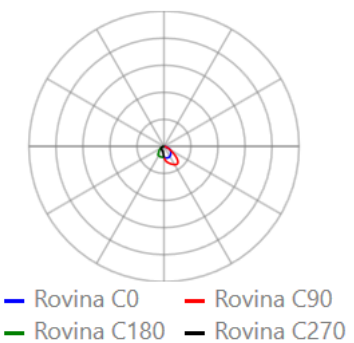
Obrázek 5.43: Schröder - SCHR Safir2 100W



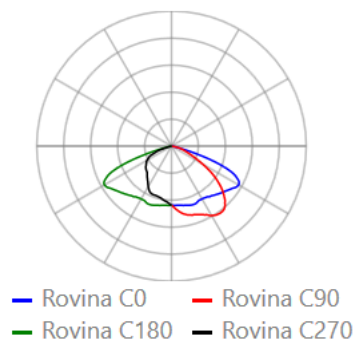
Obrázek 5.44: Schröder - LED Friza 37-38W



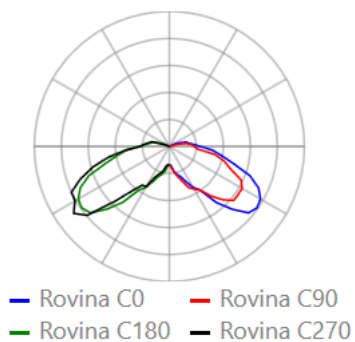
Obrázek 5.45: Schröder - LED SCHR Ampera Midi 51W zebra



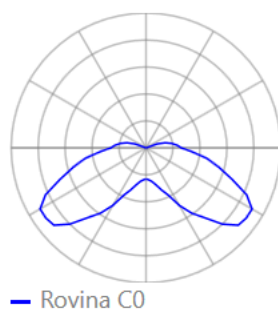
Obrázek 5.46: Schröder - LED SCHR Ampera Midi 71-81W Zebra



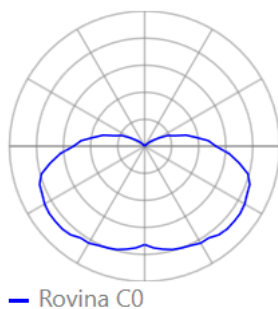
Obrázek 5.47: Schröder - LED SCHR TECEO 2 60-70W



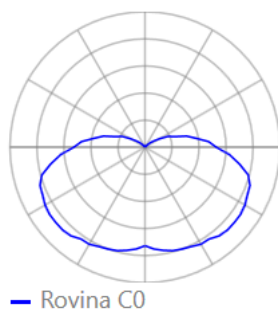
Obrázek 5.48: Hellux - HLX NMB 419 70W



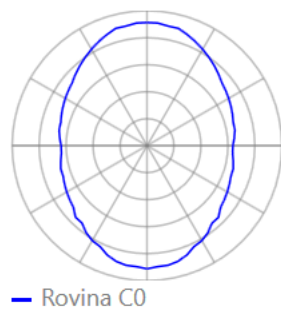
Obrázek 5.49: Hellux - HLX NMB 545 70W



Obrázek 5.50: Hellux - HLX NMF 401 70W



Obrázek 5.51: Hellux - HLX NMF 401 100W



Obrázek 5.52: Mareco Luce - ML koule 400 70W

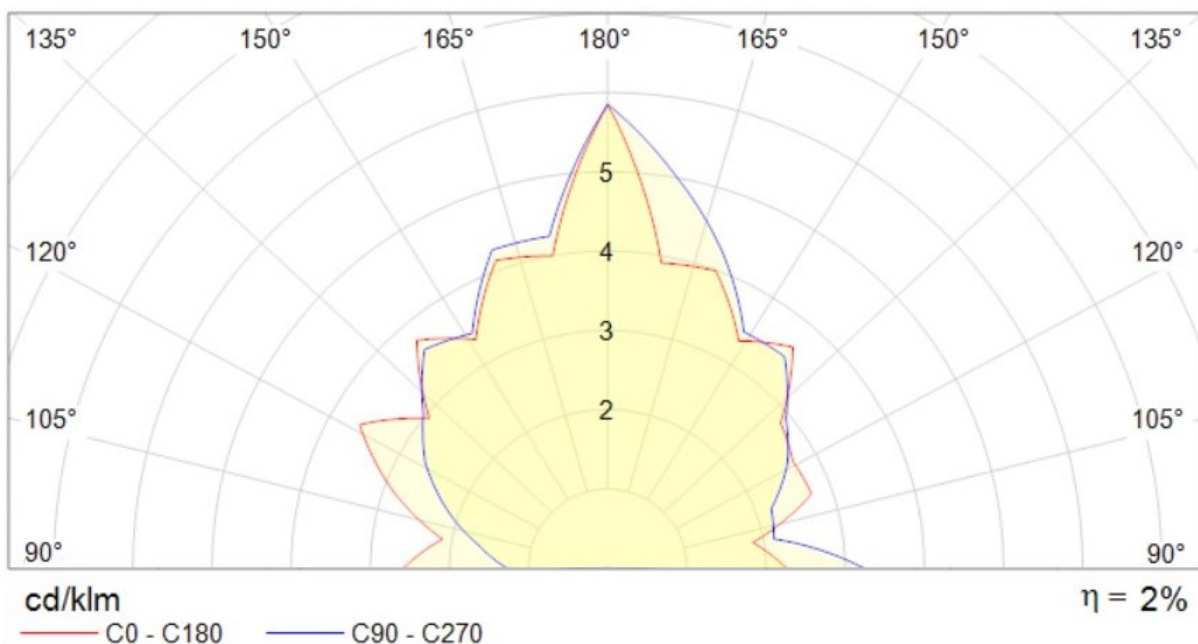
Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů

Výrobce a typ svítidla	Počet svítidel	Celkový příkon soustavy (W)
BOOS - NAICA LED DOR-146 37W	18	666
BOOS - NAICA LED DOR-147 73W	9	657
BOOS - NAICA LED DOR-148 13W	14	182
BOOS - NAICA Medium LED 53 optika PCL 116W	8	928
HELLUX - DMS_770_HC_1x_22W	14	308
Thorn - LED THORN R2L2 28W 24 led	12	336
Thorn - URBAS 36L50WR	4	212
Philips - LED INDAL LUMA 40 53W	4	212
Philips - LED INDAL LUMA II 120 212W	5	1060
Philips - LED INDAL LUMA II 150W	8	1240
Philips - LED INDAL LUMA II 155W	23	3565
Philips - LED INDAL LUMA II 169W	4	676
Philips - LED INDAL MINILUMA 21W	34	714
Philips - LED INDAL MINILUMA 30 35W	56	1960
Philips - LED INDAL MINILUMA 30 52W	35	1820
Philips - LED INDAL MINILUMA 47W	27	1269
Philips - LED PHILIPS LUMA 1 51W	6	306
Philips - LED PHILIPS LUMA MINI 28W	112	3136
Philips - PHILIPS LUMA 1 LED 91W	16	1456
Philips - TownTune 32W	5	160
Elektrosvit - V-444 23 15 100W	1	115
Elektrosvit - V-444 23 15 150W	27	4428
Elektrosvit - Z-442 23 15 150W	4	656
Elstav - MAGNOLIAS 70W	22	1826
GE - V-M2A-150W	110	18810
Gewiss 70W	295	24485
Hellux - HLX NMB 419 70W	126	10458
Hellux - HLX NMB 545 70W	4	332
Hellux - HLX NMF 401 70W	109	9047
Hellux - HLX NMF 401 100W	6	690
Mareco Luce - ML koule 400 70W	23	1909
Philips - IND ARC80 DIP 150W	6	1020
Philips - IND ARC90 DIP 250W	9	2520
Schröder - SCHR Atos 70W	88	7304
Schröder - SCHR Atos 100W	32	3680
Schröder - SCHR ISLA 70W	22	1826
Schröder - SCHR MC2 100W	152	17480
Schröder - SCHR MC2 150W	287	48790
Schröder - SCHR MC3 250W	8	2240
Schröder - SCHR MC12 70W	157	13031
Schröder - SCHR Safir1 70W	56	4648
Schröder - SCHR Safir1 100W	95	10925
Schröder - SCHR Safir2 70W	2	166
Schröder - SCHR Safir2 100W	96	11040
Schröder - SCHR ZEBRA 250W	9	2547
Schröder - LED Friza 37-38W	197	7486
Schröder - LED SCHR Ampera Midi 51W zebra	2	102
Schröder - LED SCHR Ampera Midi 71-81W Zebra	3	243
Schröder - LED SCHR TECEO 2 60-70W	9	630

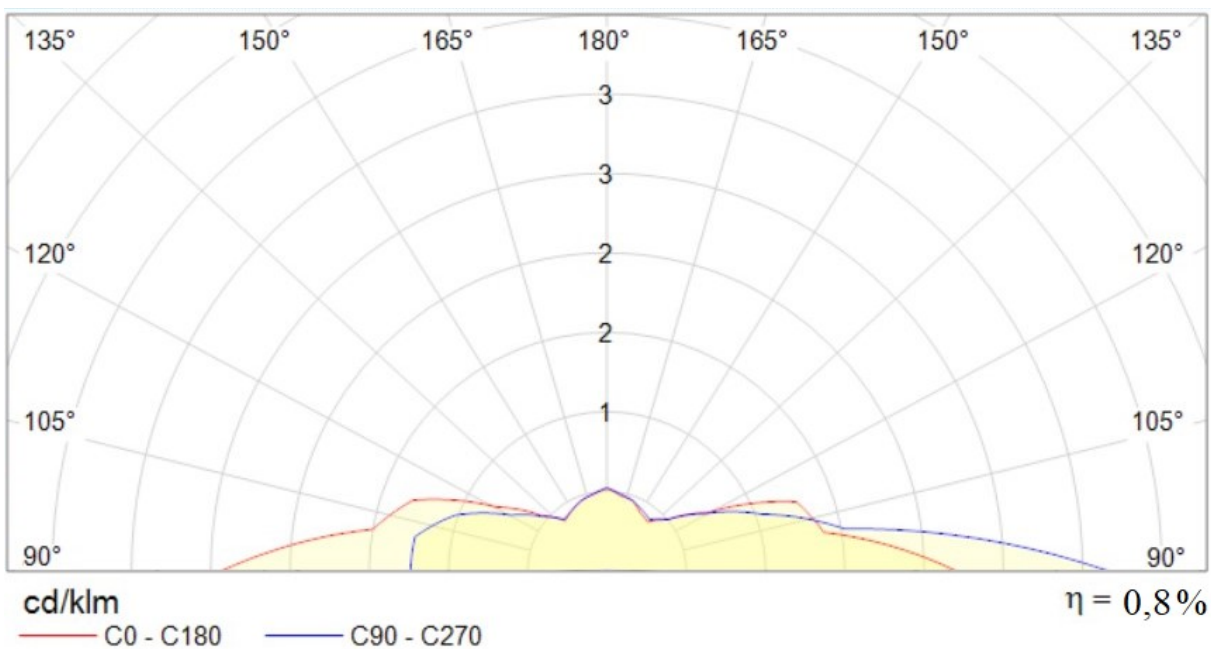
Možnosti výpočetního software při modelování světelného toku jdoucího do horního poloprostoru z velkých světelných zdrojů

5.4 Výsledky výpočtu

Celkový světelný tok soustav veřejného osvětlení je 22 232 865 lm. Podíl světelného toku vyzářeného do horního poloprostoru vychází 2% z celkového světelného toku použitých osvětlovacích soustav, to odpovídá 444 657,3 lm. Tento světelný tok se skládá z přímé a odražené složky. Přímá složka tvoří 0,8% tj. 177 862, 92 lm, odražená složka 1,2% tj. 266 794,38 lm z celkového světelného toku osvětlovacích soustav.



Obrázek 5.53: Vyzařovací charakteristika pro přímou i odraženou složku do horního poloprostoru



Obrázek 5.54: Vyzařovací charakteristika přímou složkou do horního poloprostoru

Závěr

Rušivé světlo je v posledních letech poměrně hojně diskutované téma. Za jeden z významných zdrojů rušivého světla, pak bývá považován právě světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru ze svítidel veřejného osvětlení. Proto je důležitý optimální návrh soustavy VO, výběr svítidel, jejich nasměrování, rovnoměrnost.

Cílem praktické části diplomové práce bylo vytvořit v programu Building Design model městské části Ostrava-Poruba, který byl osázen dostupnými svítidly VO o vhodných parametrech, kdy bylo přihlédnuto k údajům o aktuálním stavu soustav veřejného osvětlení v této městské části. Se stavem soustav veřejného osvětlení v městské části Ostrava-Poruba, jsem byla obeznámena v rámci spolupráce s Ostravskými komunikacemi.

Následně jsem provedla výpočet, abychom viděli, jak si osvětlovací soustava vede z hlediska vyzářeného světelného toku do horního poloprostoru. Podíl světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru vychází na 2 % světelného toku svítidel celé osvětlovací soustavy, to odpovídá hodnotě 444 657,3 lm. Tento světelný tok se rozděluje na přímou složku a složku odraženou. Kdy přímá složka tvoří 0,8 % (177 862,92 lm) a odražená složka 1,2 % (266 794,38 lm) z celkového světelného toku soustavy. Celkový světelný tok vyzářený do horního poloprostoru je složen z přímé složky a složky odražené. Z výpočtů můžeme vidět, že velikost odražené složky má o něco větší vliv na velikost závojevého jasu než přímá složka. Výrazný vliv na velikost rušivého světla má směr vyzařování jednotlivých svítidel.

Použitá literatura

- [1] SOKANSKÝ, Karel. Světelná technika. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 255 s. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [2] Veřejné osvětlení pro 21. století mpo-efekt.cz [online]. [cit. 2021-29-04]. Dostupné z: [prirucka-vo-21.-stoleti-efekt-2017-porsenna.pdf](http://mpo-efekt.cz/prirucka-vo-21.-stoleti-efekt-2017-porsenna.pdf) (mpo-efekt.cz)
- [3] Světelné zdroje - vysokotlaké sodíkové výbojky. Časopis Světlo [online]. 2009, 2009(3), 3 [cit. 2020-29-04]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39197.pdf>
- [4] Veřejné osvětlení-srovnání. Ledsviti.cz [online]. 26.4.2019, [cit. 2021-29-04]. Dostupné z: [LED veřejné osvětlení - srovnání | LEDsviti.cz](http://ledsviti.cz/veřejné-osvětlení-srovnání)
- [5] Svítidla LED ve veřejném osvětlení- mýty a skutečnosti. Časopis Světlo [online]. 05/2009, [cit. 2021-29-04]. Dostupné z: [Svítidla LED ve veřejném osvětlení – mýty a skutečnosti - Časopis Světlo - Odborné časopisy \(odbornecasopisy.cz\)](http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39197.pdf)
- [6] Racionalizace v osvětlování venkovních prostor. ČSO [online]. 2005, [cit. 2021-29-04]. Dostupné z: [racionalizace - 2005.pdf](http://csorsostrava.cz/racionalizace-2005.pdf) (csorsostrava.cz)
- [7] Racionalizace v osvětlování venkovních prostor. ČSO [online]. 2002, [cit. 2021-29-04]. Dostupné z: [Microsoft Word - Tituln. list.doc](http://csorsostrava.cz/Microsoft%20Word%20-%20Tituln.%20list.doc) (csorsostrava.cz)
- [8] Kurz Kurz osvětlovací techniky XXVII. ČSO [online]. 2009, [cit. 2021-29-04]. [Kurz osvětlovací techniky XXVII - Sborník 2009](http://artmetal-cz.com/Kurz%20osv%C4%9Btlovac%C3%AD%20techniky%20XXVII%20-%20Sborn%C3%ADk%202009.pdf) (artmetal-cz.com)
- [9] HALUŽA, Miroslav. Architektonické osvětlení a jeho specifika při projektování. VUT [online]. 2007, [cit. 2021-29-04]. Dostupné z: [zav_prace_soubor verejne.php](http://vutbr.cz/zav_prace_soubor_veřejne.php) (vutbr.cz)

